

# EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA SOBRE A FUNÇÃO PANCREÁTICA E A SENSIBILIDADE TECIDUAL À INSULINA EM RATOS

Flávia Cristina Rossi Caruso<sup>1</sup>  
Cauê Padovani<sup>2</sup>  
Ana Paula Lima De Deus<sup>3</sup>  
Bruno Rafael Orsini Rossi<sup>4</sup>  
Karina Maria Cancelliero<sup>5</sup>  
Carlos Alberto Silva<sup>6</sup>  
Audrey Borghi-Silva<sup>7</sup>

CARUSO, F. C. R.; PADOVANI, C.; DEUS, A. P. L.; ROSSI, B. R. O.; CANCELLIERO, K. M.; SILVA, C. A.; BORGHI-SILVA, A. Efeitos do treinamento de força sobre a função pancreática e a sensibilidade tecidual à insulina em ratos. *Arq. Ciênc. Saúde UNIPAR*, Umuarama, v. 14, n. 3, p. 225-230, set./dez. 2010.

**RESUMO:** Estudos têm demonstrado que o exercício aeróbio promove elevação na sensibilidade tecidual à insulina (SI) e na tolerância à glicose (TG), porém a análise de tais variáveis após treinamento de força (TF) tem sido pouco explorada. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do TF sobre a TG e SI em ratos. Foram estudados 20 ratos *Wistar*, pareados por peso e aleatoriamente distribuídos em 2 grupos: G1 – Sham e G2 – TF. Todos os animais foram submetidos a 3 dias de adaptação e, subsequentemente, treinados com cargas progressivas por 3 vezes por semana, durante 8 semanas numa escada de madeira. Para avaliar SI e TG foram realizadas coletas de sangue e avaliada a cinética da glicemia pelo teste de tolerância à insulina (% de decaimento da curva; B) e o teste de tolerância à glicose (área sob a curva; AC), antes da adaptação e após o 24º dia de treinamento. A análise estatística foi realizada pelo teste *t* de *Student* pareado e não-pareado, sendo  $p \leq 0,05$ . Apenas G2 mostrou significativo aumento no B após treinamento, sendo que o delta do B entre os grupos mostrou diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ), com maiores valores no G2. Em contraste, AC não apresentou alteração significativa entre os grupos nem entre os deltas ( $p > 0,05$ ). O TF promoveu benefícios adaptativos na sensibilidade tecidual à insulina, sugerindo que o TF pode ser um recurso interessante durante programas de fisioterapia cardiovascular em doenças crônicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Treinamento de força; Pâncreas; Glicose; Insulina.

## STRENGTH TRAINING ON THE PANCREATIC FUNCTION AND TISSUE SENSITIVITY TO INSULIN IN RATS

**ABSTRACT:** Experimental studies have demonstrated that aerobic exercise promotes an increase of tissue insulin sensitivity (IS) and glucose tolerance (GT), however the analysis of such variables after strength training (ST) have been little explored. So the objective of this issue was to investigate the effects of ST on GT and IS in rats submitted to strength training (ST). We studied 20 male *Wistar* rats, paired by weight and randomly assigned to one of two groups: G1– training without load (Sham) and G2 – strength training (ST). All animals were submitted to 3 days of adaptation and subsequently were trained with progressive loads 3 times a week for 8 weeks, in a wooden stair of height-1,1m and inclination-80° with a rest area on the top. To measure the IS and GT were collected blood samples and evaluated glycemic kinetic by insulin tolerance tests (% of decay-B) and glucose tolerance tests (area under the curve-AC), before the adaptation and after the 24th day of training. Statistical Analysis was performed by Kolmogorov-Smirnov test and paired and unpaired Student *t*-tests, with  $p \leq 0.05$ . Only G2 showed significant increase in B after training and the delta of B showed significant differences ( $p \leq 0.05$ ) with higher values in G2. In contrast, the AC did not change between groups or deltas ( $p > 0.05$ ). The ST promoted beneficial adaptations in the tissue sensitivity to insulin, suggest that ST can be an interesting resource during cardiovascular physiotherapy programs in chronic diseases.

**KEYWORDS:** Strength training; Pancreas; Glucose; Insulin.

## Introdução

O exercício físico promove um aumento instantâneo da demanda energética (DA SILVA et al., 2010), causando assim desequilíbrio da homeostase corporal. Para suprir essa nova demanda metabólica, algumas adaptações fisiológicas são necessárias e, dentre elas, são observadas mudanças na função cardiovascular (MARTINS et al., 2010), adaptações neuromusculares como ganho de força e hipertrofia

muscular (ZANCHI et al., 2010), e ainda alterações endócrinas no metabolismo da glicose e insulina, as quais podem ser decorrentes do treinamento físico (JUNTILA et al., 2010).

A tolerância à glicose e a sensibilidade tecidual à insulina são variáveis fisiológicas importantes, alteradas diretamente pelo exercício físico (JUNTILA et al., 2010). Essas duas variáveis atuam como indicadores de risco cardiovascular, e, portanto, seu melhor entendimento e controle podem auxiliar na

<sup>1</sup>Fisioterapeuta. Mestranda em Fisioterapia pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, telefone: (16) 33518952, e-mail: fla.rossi@hotmail.com.

<sup>2</sup>Fisioterapeuta pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, telefone: (14) 97909135, e-mail: caue.padovani@ig.com.br.

<sup>3</sup>Fisioterapeuta. Mestre em Fisioterapia pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, (16) 33619898, e-mail: paulapld@ig.com.br.

<sup>4</sup>Fisioterapeuta. Mestre em Ciências Médicas pela USP - FMRP - Ribeirão Preto, telefone: (16) 34127146, e-mail: brunorafaelrossi@hotmail.com.

<sup>5</sup>Fisioterapeuta. Doutora em Fisioterapia pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, telefone: (19) 81659353, e-mail: karca@terra.com.br.

<sup>6</sup>Doutor em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, telefone: (19) 31241242, e-mail: grupopesquisacas@yahoo.com.br

<sup>7</sup>Fisioterapeuta. Docente dos cursos de graduação e pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - São Carlos - SP telefone: (16) 33518952, e-mail: audrey@ufscar.br

Correspondência: Flávia Cristina Rossi Caruso. Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar - Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico, Departamento de Fisioterapia - Universidade Federal de São Carlos - São Paulo - Brasil - Rod. Washington Luis KM 235 CEP: 13565-905 - São Carlos - Brasil. Telefone: (+5516) 3351-8952. Fax: 3361-2081. E-mail: fla.rossi@hotmail.com

prevenção e tratamento de distúrbios metabólicos como hiperglicemia, intolerância à glicose (BLOEM; CHANG, 2010), diabetes (MARTINS et al., 2010), dislipidemia (LIRA et al., 2010) e obesidade (BADHEKA et al., 2010), contribuindo para determinar os efeitos de exercícios físicos resistidos em programas de fisioterapia cardiovascular.

Frente à dificuldade ética na utilização de técnicas invasivas em humanos, os modelos experimentais em animais se destacam por favorecer, além desta questão, um maior controle das condições de treinamento físico. O treinamento de *endurance* para ratos utilizando protocolo de natação tem sido exaustivamente citado na literatura. Alguns estudos mostram que esse tipo de protocolo promove aumento na concentração da proteína GLUT 4 na atividade de transporte de glicose estimulada pela insulina no músculo esquelético (YASPELKIS et al., 2002).

Diferentes protocolos experimentais (FLUCKEY; PLOUG; GALBO, 1999; KIRÁLY et al., 2008) utilizando o treinamento de força (TF) em ratos têm sido explorados com o objetivo de mimetizar o mesmo resultado em humanos. Em 2004, Hornberger; Farrar elaborou um protocolo no qual os ratos escalam com carga afixada na base da cauda, em um modelo de treinamento de força de alta intensidade que imita os parâmetros de treinamento e as adaptações fisiológicas observadas em humanos em uma duração similar.

No entanto, especificamente nesse modelo de treinamento, ainda não foram investigados os efeitos sobre a função pancreática e a sensibilidade tecidual à insulina. Desta forma, sabendo da importância do TF na promoção e manutenção da saúde, o presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos do treinamento de força de alta intensidade sobre essas variáveis. Desta forma, a hipótese desse estudo é que o treinamento de força seria capaz de promover adaptações fisiológicas benéficas sobre a tolerância à glicose e a sensibilidade tecidual à insulina em ratos Wistar.

## Materiais e Métodos

### Amostra

Neste estudo foram estudados 20 ratos *Wistar* albinos machos com idade inicial de 2 meses e peso corporal (PC) inicial de  $259g \pm 17g$ . Os animais foram pareados por peso, e aleatoriamente distribuídos em dois grupos: G1 – Sham (n = 10) e G2 – Treinado (n = 10).

Os animais foram acondicionados em gaiolas

de polipropileno e divididos em 4 por caixa. Foram alimentados com ração peletizada para roedores e água *ad libitum*, e submetidos a ciclo fotoperiódico claro/escuro de 12/12h, sob temperatura controlada entre 22° e 24°C. Esta pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em experimentação animal, com o protocolo nº 021/2006.

### Treinamento

**Escada:** Foi utilizada uma escada com as seguintes especificações: altura – 1,1m; largura – 0,18m; degrau – 2 cm (alumínio); inclinação – 80°; e uma área de repouso no topo da escada constituída de uma casa de madeira (20 x 20 x 20 cm).

**Carga de treinamento:** A carga carregada pelo animal durante a escalada era acondicionada em tubos plásticos de 10 e 50mL, e este aparato era preso por um broche a uma tala fixada na base da cauda do animal.

**Adaptação:** Todos os animais foram adaptados para escalada durante 3 dias intercalados (1ª semana). Inicialmente, os ratos permaneceram 120 segundos(s) na área de repouso, e logo após foram colocados em sua base, na qual foram motivados a subir por meio de pinçamentos de baixa pressão na ponta da cauda. Este procedimento era repetido até que os ratos escalassem voluntariamente três vezes consecutivas por dia, sendo as subidas intercaladas por 120s de repouso.

**Treinamento de força (TF) - G2:** O TF foi realizado 3 vezes por semana (dias alternados), durante 8 semanas, totalizando 24 sessões de treinamento. Os ratos eram pesados antes de cada sessão. Na 1ª sessão, a carga usada na 1ª subida foi relativa a 75% do peso corporal do animal (PC) daquele dia, e depois foram acrescentados 10% do PC à carga anterior, até que o animal não conseguisse mais escalar. Assim, foi obtida a carga máxima de transporte do animal (CMT) daquela sessão. Entre cada uma das subidas houve um tempo de descanso de 120s.

Na sessão subsequente, a 1ª subida foi realizada com carga de 50% da CMT da sessão anterior, a 2ª com 75% da CMT, a 3ª com 90% da CMT e a 4ª com 100% da CMT, e a partir da 5ª era acrescentado 10% do PC daquele dia à carga anterior, até que o animal não conseguisse subir mais. Nos treinos seguintes utilizava-se a porcentagem (%) da CMT alcançada na sessão anterior, sempre com o cuidado de manter os 120s de descanso entre uma e outra subida.

**Treinamento sem carga (sham) - G1:** Os animais do G1, após passarem pela adaptação, subi-

ram escada sem carga externa, três vezes por semana. Cada animal do G1 foi pareado em relação ao número de escaladas a um animal do G2, em cada dia de treinamento.

**Teste de esforço:** Todos os animais realizaram o teste de esforço (TE) no início e ao final dos 2 meses de treinamento, totalizando duas avaliações. No início foi feito após adaptação e, ao final, no dia subsequente ao último dia de treinamento. O TE seguiu um protocolo de cargas progressivas, baseadas no PC do dia do teste, e foi feito na mesma escada e sobre as mesmas condições ambientais em que os animais realizaram o treinamento.

A primeira subida foi executada sem carga, e as subseqüentes com cargas incrementadas de 10 em 10% do PC no 1º teste, e de 30 em 30% do PC no 2º teste. Após cada subida os animais permaneceram por 120s na área de repouso, e fizeram novas escaladas até que não mais conseguissem realizá-las de forma efetiva.

## Análises experimentais

**Teste de tolerância à insulina (ITT):** Os grupos G1 e G2 realizaram o ITT antes da adaptação e após o 24º dia de treinamento. Os animais, em jejum, foram anestesiados com tiopental 1% (1ml/kg PC) via intraperitoneal e após 20 minutos realizou-se uma incisão na ponta da cauda por onde foi coletado o sangue necessário para a dosagem da glicose sanguínea. Foi realizada a primeira coleta em um tempo denominado tempo zero ( $T_0$ ). Após essa coleta, foi administrada, via intraperitoneal, insulina regular (Biobrás®) na concentração de 1U/kg de PC (1U/ml). Em seguida, foram realizadas as dosagens da glicemia nos tempos 2,5 ( $T_{2,5}$ ), 5 ( $T_5$ ), 10 ( $T_{10}$ ), 15 ( $T_{15}$ ) e 20 ( $T_{20}$ ) minutos, utilizando-se um glicosímetro (Accu-Check® Advantage).

**Teste de tolerância à glicose (GTT):** Os grupos G1 e G2 realizaram o GTT antes da adaptação e após o 24º dia de treinamento. Os animais, em jejum, foram anestesiados como descrito no ITT e após 20 minutos realizou-se uma incisão na ponta da cauda por onde foi coletado o sangue necessário à dosagem da glicose sanguínea. Foi feita a primeira coleta em um tempo denominado tempo zero ( $T_0$ ), e depois foi administrada no animal, via intraperitoneal, glicose na concentração de 1g/kg PC. Em seguida, foram realizadas as dosagens da glicemia nos tempos 5 ( $T_5$ ), 10 ( $T_{10}$ ), 15 ( $T_{15}$ ), 20 ( $T_{20}$ ), 30 ( $T_{30}$ ), 45 ( $T_{45}$ ) e 60 ( $T_{60}$ ) minutos, utilizando-se um glicosímetro (Accu-Check® Advantage).

**Análise estatística:** Inicialmente foi realiza-

do o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. Para a análise da glicemia, da área sob a curva (AC) no GTT e da % de decaimento da curva (B) no ITT que apresentaram distribuição normal, utilizou-se o teste t de *Student* pareado para comparações intra-grupo e não-pareado para comparações intergrupo. Os deltas de comparações (pós-pré treinamento) entre G1 e G2 foram avaliados pelo teste t de *Student* não-pareado. Em todos os cálculos foi fixado um nível de significância de 5% ( $p \leq 0,05$ ) e os softwares utilizados foram o *Statistica*® e o *Origin 6.0*®.

## Resultados

Foi observado que o protocolo experimental de TF em escada durante 8 semanas promoveu modificações significativas no peso corporal, na performance, assim como na sensibilidade tecidual à insulina dos ratos estudados.

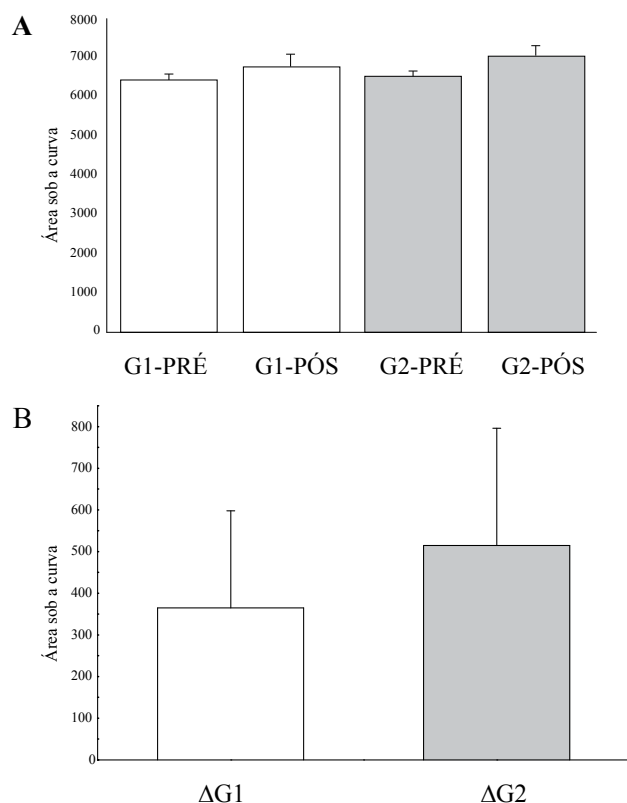
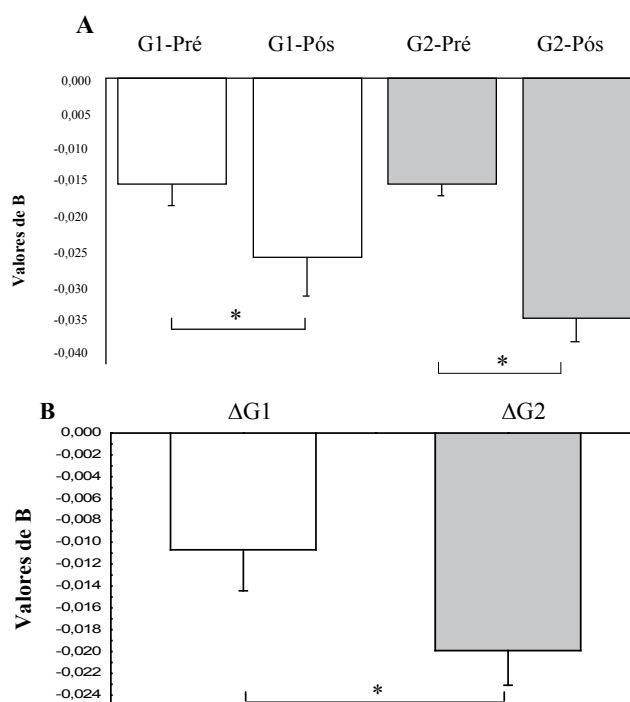
Todos os animais completaram com sucesso as 8 semanas de TF em escada. O protocolo utilizado promoveu um aumento no desempenho, a qual foi avaliada pela capacidade dos ratos em suportar cargas cada vez mais pesadas. Após 8 semanas de TF, para os animais do G2, ocorreu aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) de 282% da CMT e de 44% do PC (Tabela 1). Adicionalmente, no decorrer das sessões de treinamento, diminuição significativamente ( $p \leq 0,05$ ) o número de escaladas, especificamente de  $7.8 \pm 1.9$  para  $4.9 \pm 1.0$  ( $p \leq 0,05$ , média  $\pm$  DP). Os animais do G1, após o treinamento de escada sem carga, também apresentaram aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) no PC e na CMT, representada por 49% e 175%, respectivamente (Tabela 1). Ressalta-se que os animais do G1 realizaram o mesmo número de escaladas que os do G2.

**Tabela 1:** Peso corporal e carga máxima de transporte nos períodos pré e pós-treinamento em escada dos grupos G1 (Sham, n = 10) e G2 (Treinado, n = 10):

Variáveis	Pré			Pós		
	G1	G2	P	G1	G2	P
<b>Peso Corporal (g)</b>	262 ± 19	256 ± 15	0,46	392 ± 26*	369 ± 27*	0,06
<b>Carga Máxima (g)</b>	303 ± 65	262 ± 83	0,23	833 ± 155*	1001 ± 231*	0,07

$p \leq 0,05$ , \* comparação entre pré e pós-treinamento; Teste t de Student. Os valores são descritos em média ± DP

Com relação ao GTT, nenhuma modificação significativa ( $p > 0,05$ ) foi observada para ambos os grupos (Figura 1). Já com relação ao ITT, para o G1 não houve diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ). Contudo, para G2 houve significância estatística em B de  $2 \pm 1\%$  para  $4 \pm 1\%$  ( $p \leq 0,05$ ). Quando comparados os ganhos obtidos entre os grupos, o G2 apresentou aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) da sensibilidade à insulina após o TF. Na comparação dos deltas de  $G1 \times G2$  ( $-1\% \pm 1\% \times -2\% \pm 1\%$ ) também foi observada diferença significativa entre os grupos ( $p \leq 0,05$ ).

**Figura 1:** Teste de tolerância à glicose (GTT) aplicado nos grupos G1 (Sham, n = 10) e G2 (Treinado, n = 10). Em (A) representado pela área sob a curva pré e pós-treinamento para cada grupo e em (B) pela comparação intergrupo dos deltas (Δ – variação pós-pré treinamento). Os valores representa média ± DP.**Figura 2:** Teste de tolerância à insulina (ITT), aplicado nos grupos G1 (Sham, n = 10) e G2 (Treinado, n = 10). Em (A) representado pelos valores de B (decaimento glicêmico) pré e pós-treinamento para cada grupo (\*  $p \leq 0,05$ : pré vs pós TF) e em (B) pela comparação intergrupo dos deltas (Δ – variação pós-pré treinamento, onde \*  $p \leq 0,05$ : ΔG1 vs ΔG2). Os valores representam a média ± DP.

## Discussão

Os animais do G2 após 8 semanas de treinamento apresentaram aumento de 282% na sua CMT e diminuição de 37% do número de subidas, apresentando resultados semelhantes aos encontrados por Hornberger; Farrar (2004). Esse aumento na capacidade de transporte de carga é indicativo de elevação da força muscular ocorrida pelo treinamento imposto. Isso explica a diminuição do número de escadas por sessão de treinamento, já que cargas cada vez maiores eram transportadas a cada subida (HORNBERGER; FARRAR, 2004).

O protocolo de TF em escada, aplicado durante 8 semanas, não provocou modificações significativas no GTT, podendo ser indicativo de que não ocorreu adaptação na responsividade das células β do

pâncreas frente à sobrecarga de glicose. Ainda carece de evidências científicas sobre os efeitos adaptativos do TF na função pancreática frente a sobrecarga de glicose. Adicionalmente, uma recente investigação tem demonstrado que o treinamento em esteira por 8 semanas foi efetivo para reduzir os níveis glicêmicos em ratos diabéticos (PARK; HONK; SUNG, 2008). A ausência de resultados positivos nas taxas glicêmicas pode ser explicada pelo fato de que o presente estudo foi realizado com ratos saudáveis, bem como o tipo de treinamento, o qual foi predominantemente anaeróbio.

Já com relação ao ITT, o protocolo de TF utilizado promoveu significativo aumento na porcentagem de decaimento (B) da curva glicêmica para o G2, indicativo de uma elevação na sensibilidade tecidual à insulina. O mesmo não foi verificado para o G1. Nossos resultados corroboram com resultados encontrados por Ryan et al (2001), pois segundo este autor, um programa de seis meses de TF com cargas progressivas em humanos, promoveu maior sensibilidade tecidual à insulina em indivíduos que apresentavam resistência à insulina.

Adicionalmente, um estudo realizado por Zierath et al (1995) e Pereira; Lancha (2004) demonstrou que na presença de insulina ou frente à elevação da atividade contrátil das fibras musculares, a concentração de GLUT 4 na membrana aumenta em 5 vezes otimizando o transporte de glicose para o interior dos tecidos. Contudo, há escassez de estudos que tentam elucidar a real influência do TF na função pancreática e na resistência à insulina.

Recentemente foi descoberta a adiponectina, que consiste em um peptídeo produzido pelo tecido adiposo branco e que está associado à homeostase energética e à ação da insulina (KRAEMER; CAS-TRACANE, 2007; O'LEARY et al., 2007). Em distúrbios relacionadas com a resistência à insulina, há uma redução da adiponectina circulante. Nesse sentido, o TF poderia aumentar a sensibilidade tecidual à insulina devido à elevação nos níveis de adiponectina e melhora do controle metabólico (BOBBERT et al., 2007; ZENG et al. 2007).

Nesse contexto, o treinamento físico regular, incluindo o TF, oferece uma alternativa efetiva de intervenção terapêutica para ampliar a ação da insulina no músculo esquelético em condições de resistência à insulina, geralmente associada ao diabetes, obesidade e sedentarismo (HAUFE et al., 2010; AMATI et al., 2009). Estes resultados fornecem assim, importante implicação clínica, uma vez que programas de fisioterapia cardiovascular têm aplicado comumente o treinamento físico aeróbio de baixa intensidade,

sendo, portanto que o treinamento de força poderia ser uma estratégia coadjuvante na otimização dos efeitos adaptativos, principalmente em portadores de doenças crônicas (STRASSER, 2010; TABET, 2009).

## Conclusão

Por fim, podemos concluir que esse modelo de treinamento foi efetivo para aumentar a sensibilidade tecidual à insulina, mas não acarretou em substanciais modificações na tolerância a glicose. Estes resultados sugerem que o treinamento de força possa ser uma estratégia benéfica de intervenção fisioterapêutica em programas de fisioterapia cardiovascular.

## Referências

- MATI, F. et al. Physical inactivity and obesity underlie the insulin resistance of aging. **Diabetes Care**, v. 32, p. 1547-1549, 2009.
- BADHEKA, A. O. et al. Influence of obesity on outcomes in atrial fibrillation: yet another obesity paradox. **Am. J. Med.** v. 123, p. 646-651, 2010.
- BLOEM, C. J.; CHANG A. M. Short-term exercise improves beta-cell function and insulin resistance in older people with impaired glucose tolerance. **J. Clin. EndocrinolMetab.** v. 93, p. 387-392, 2008.
- BOBBERT, T. et al. Adiponectin oligomers in human serum during acute and chronic exercise: relation to lipid metabolism and insulin sensitivity. **Int. J. Sports Med.** v. 28, n. 1, p. 1-8, 2007.
- FLUCKEY, J. D.; PLOUG, T.; GALBO, H. Attenuated insulin action on glucose uptake and transport in muscle following resistance exercise in rats. **ActaPhysiolScand.** v. 167, p. 77-82, 1999.
- HAUFE, S. et al. Cardiorespiratory fitness and insulin sensitivity in overweight or obese subjects may be linked through intrahepatic lipid content. **Diabetes**, v. 59, p. 1640-1647, 2010.
- HORNBERGER, T. A.; FARRAR, R. P. Physiological hypertrophy of the FHL muscle following 8 weeks of progressive resistance exercise in the rat. **Can. J. Appl. Physiol.** v. 29, p. 16-31, 2004.
- JUNTILA, M. J. et al Sudden cardiac death

after myocardial infarction in patients with type 2 diabetes. **Heart Rhythm**, v. 7, p. 1396-1403, 2010.

KIRÁLY, M. A. et al. Swim training prevents hyperglycemia in ZDF rats: mechanisms involved in the partial maintenance of beta-cell function. **Am. J. PhysiolEndocrinolMetab**. v. 294, n. 2, p. 271-283, 2008.

KRAEMER, R. R.; CASTRACANE, V. D. Exercise and humoral mediators of peripheral energy balance: ghrelin and adiponectin. **ExpBiol. Med. (Maywood)**, v. 232, n. 2, p. 184-194, 2007.

LIRA, F. S. et al. Endotoxin levels correlate positively with a sedentary lifestyle and negatively with highly trained subjects. **Lipids Health Dis.** n. 4, p. 9-82, 2010.

MARTINS, M. C. et al. Association of gamma glutamyltransferase, metabolic syndrome and cardiovascular risk. **Acta Med. Port.** v. 23, p. 579-588, 2010.

MARTINS, R. A. et al. Effects of aerobic and strength-based training on metabolic health indicators in older adults. **Lipids Health Dis.** v. 22, n. 9, 2010.

O'LEARY, V. B. et al. Enhanced adiponectinmultimer ratio and skeletal muscle adiponectin receptor expression following exercise training and diet in older insulin-resistant adults. **Am. J. PhysiolEndocrinolMetab**. v. 293, n. 1, p. 421-427, 2007.

PARK, S.; HONG, S.; SUNG, S. R. Exendin-4 and exercise promotes beta-cell function and mass through IRS2 induction in islets of diabetic rats. **Life Sci.** v. 82, p. 503-511, 2008.

PEREIRA, L. O.; LANCHI, A. H. Effect of insulin and contraction up on glucose transport in skeletal muscle. **ProgBiophysMolBiol**. v. 84, n. 1, p. 1-27, 2004.

RYAN, A. S. et al. Insulin action after resistive training in insulin resistant older men and women. **J. Am. GeriatrSoc.** v. 49, n. 3, p. 247-253, 2001.

STRASSER, B.; SIEBERT, U.; SCHOBERSBERGER, W. Resistance training in the treatment of the metabolic syndrome: a systematic

review and meta-analysis of the effect of resistance training on metabolic clustering in patients with abnormal glucose metabolism. **Sports Med.** v. 40, p. 397-415, 2010.

SILVA, R. L. da; BRENTANO, M. A.; KRUEL, L. F. Effects of different strength training methods on postexercise energetic expenditure. **J. Strength Cond. Res.** v. 24, p. 2255-2260, 2010.

TABET, J. Y. et al. Benefits of exercise training in chronic heart failure. **Arch. Cardiovasc. Dis.** v. 2, p. 721-730, 2009.

YASPELKIS, B. B. et al. Resistance training increases glucose uptake and transport in rat skeletal muscle. **Acta PhysiolScand.** v. 175, n. 4, p. 315-323, 2002.

ZANCHI, N. E. et al. Experimental chronic low-frequency resistance training produces skeletal muscle hypertrophy in the absence of muscle damage and metabolic stress markers. **Cell Biochem Funct.** v. 28, n. 3, p. 232-238, 2010.

ZENG, Q. et al. Effects of exercise on adiponectin and adiponectin receptor levels in rats. **Life Sci.** v. 80, n. 5, p. 454-459, 2007.

ZIERATH, C. R. et al. Carrier mediated fructose uptake significantly contributes to carbohydrate metabolism in human skeletal muscle. **Biochem. J.** v. 311, p. 517-521, 1995.

---

Recebido em: 27/08/2010

Aceito em: 02/03/2011

Received on: 27/08/2010

Accepted on: 02/03/2011